

la masa de la atmósfera esparraman ciertos gases y cuerpos ligeros que se habian acumulado en algunos puntos, purifican el aire, y libran las poblaciones de males epidémicos que las diezman horriblemente cuando faltan estas circunstancias. Son tambien útiles los vientos como sabeis para la navegacion, y hasta el momento en que se ha puesto en práctica la navegacion por medio del vapor, sin vientos hubiéramos tenido que renunciar á las inmensas ventajas del comercio marítimo. Los molinos de viento representan despues de los barcos como otras de las máquinas que se mueven bajo el influjo de su fuerza.

EUG. — ¿No me direis por que las astas de un molino de viento estan en una posicion vertical y como torcidas todas en un mismo sentido?

TEOD. — Estan de tal modo afin de que den á su eje un movimiento de rotacion : si estuviesen planas el viento las heriria directamente, y como heriria al mismo tiempo y en una misma direccion el asta de arriba que la de abajo el eje no podria rodar. Torcidas de modo que formen con el plano comun de sus líneas medias un ángulo de unos 53°; la fuerza del viento que choca directamente con ellas se descompone en dos porciones, una de las cuales paralela á sus superficies, hace en cierto modo resbalar la corriente de aire mudando su direccion; mientras que obrando la otra segun el plan comun de las alas, produce el movimiento de rotacion.

EUG. — Y el ruido que hacen los cuerpos movidos por el aire ¿qué viene á ser?

TEOD. — Es el sonido, pero este punto es curioso y digno de ser circunstanciado, por lo tanto pasemos á sus detalles.

### § VIII.

Trátase del movimiento vibratorio de los fluidos elásticos.

EUG. — Hacedis bien en entrar en pormenores porque hasta ahora no comprendo bien esta palabra, y sobre todo la realizacion de lo que indica.

TEOD. — Digo que el sonido consiste en el movimiento del aire : movimiento, digo, vibratorio y trémulo : dos cosas tengo aquí que probar : primera, que el sonido consiste en el movimiento del aire; segunda, que ese movimiento ha de ser vibratorio y trémulo : vamos á las esperiencias, que son la mejor prueba para el intento. Decidme, Eugenio, ¿en qué consiste el sonido que tiene una flauta cuando la tocan? Bien veis que es el aire movido, por eso si no soplais no suena, y si le tapais todos los agujeros, como no sale el aire no sale el sonido. Mas : ¿en qué consiste el sonido que hace el viento cuando es recio, entrando por las grietas de las puertas y ventanas, que parece que silba? Claro está que es el aire movido. ¿En qué consiste el sonido de nuestra voz? La esperiencia diaria nos enseña que consiste tambien en el aire movido, porque para hablar tomamos primero respiracion, y en acabándose de echar el aire por la boca no podemos hablar sin tomar nuevo aire en la nueva respiracion.

SILV. — A mí nunca me puede agradar semejante opinion.

EUG. — Ni yo la doy asenso todavía, porque hé aquí se mueve el aire, pues sentimos un fresco ambiente, y con todo no oimos sonido alguno.

TEOD. — Ya dije al principio que el sonido no consistia en cualquier movimiento del aire, sino en movimiento del aire trémulo y vibratorio; y este movimiento trémulo y vibratorio del aire ha de ser en cada una de las partículas minimas é insensibles del aire, de suerte que cada una tiemble de por sí. No es movimiento total, como sucede en el ambiente, donde todas las partículas van juntamente hácia una parte.

EUG. — ¿Con que todo el sonido consiste en ese movimiento trémulo?

TEOD. — Sí: en la voz humana tenemos esperiencia. Cuando cantamos si pusiéremos la mano levemente en la garganta la sentiremos temblar con un temblor tenuísimo, pero sensible al tacto; y este mismo temblor que tienen los órganos de la garganta se comunica al aire que por ella sale. Además de eso la cuerda de un instrumento músico, que llamamos clave, por eso suena, porque tiembla, y temblando comunica al aire el mismo temblor; de suerte que si le pusiéremos el dedo encima, y tocáremos la tecla que le corresponde, ya no suena, porque el dedo le impide el movimiento trémulo. Aun mas: una campana despues de dar una campanada, en cuanto queda sonando sensiblemente queda temblando, como experimenta con facilidad el que la aplica la mano levemente; y luego que se

acaba aquel sonido ó zumbido que acostumbra quedar despues de la campanada, tambien se acaba el temblor. Un timbal si tuviere el parche ó piel tan floja que tocando en ella no tiemble, tampoco suena: lo mismo se observa en la cuerda de cualquier instrumento si está demasiadamente floja; y en ambas esperiencias concurre la misma razon, porque no temblando la piel ó cuerda no se puede comunicar al aire este movimiento vibratorio y trémulo, y así no hay sonido.

SILV. — A mí se me hace dificultoso creer que se comunique el movimiento de la cuerda ó de la piel al aire.

TEOD. — Tenemos para prueba de eso muchas esperiencias: primeramente estando junto á algunas campanas cuando se repican, sucede muchas veces que el sombrero que está en la mano empieza á temblar con un temblor semejante al que se experimenta en la garganta cuando una persona canta, y la pone levemente la mano: lo mismo me ha sucedido estando junto á algunos instrumentos mayores, como el violon ó el órgano, que teniendo el sombrero en la mano le sentia temblar, especialmente cuando sonaban los cañones mayores. Es bien evidente que los instrumentos ó campanas no me pueden hacer temblar el sombrero ó cosa semejante sino en cuanto hacen temblar el aire, y el movimiento ó temblor del aire, por ser en estos casos muy fuerte, hace temblar al sombrero si está en la mano y desamparado, por estar mas pronto para recibir sensiblemente este temblor.

SILV. — Aun no he hecho esas esperiencias, y so-

lo cuando las viere podré creer lo que ahora asentais, que no solo las cosas que suenan comunican al aire su movimiento, sino que el aire así movido y trémulo hace temblar los cuerpos sólidos que encuentra.

TEOD. — Podeis hacerlas siempre que tuviéreis ocasion, y hallareis que son ciertas: por lo menos habreis observado muchas veces que cuando se dispara un cañon de artillería tiemblan las casas que estan inmediatas, y muchas veces se quiebran las vidrieras; pues aquí no hay otra causa que pueda hacer este efecto sino el movimiento del aire; y si no decidme: ¿quién menea estas casas? ¿quién hace temblar las puertas? ¿quién hace estallar las vidrieras sino el aire movido?

SILV. — En eso no dudo, porque es un movimiento muy fuerte; mas en los órganos y en los instrumentos músicos y aun en las campanas no puede ser tan fuerte el movimiento.

TEOD. — Tambien el temblar el sombrero v. g. ú otra cosa semejante no pide causa tan fuerte como el temblar las casas y las puertas, y quebrarse las vidrieras.

EUG. — Yo tambien estaba admirado y dudoso; pero confieso la verdad, ya me voy dando por convencido.

TEOD. — Aun no os he referido la esperiencia mas evidente que hay en esta materia, y viene á ser esta. En la máquina pneumática que visteis en mi casa se pone un recipiente de vidrio bastante grande (llámase recipiente, como ya dije, á cualquier manga de vidrio de donde se estraee el aire): si dentro

de este recipiente colgamos una campanilla con cordel, y no cosa de metal (Fig. 84.), observamos esto, que si moviendo la máquina hacemos que la campanilla dé algunos campanillazos, se oyen bastantemente; pero si le sacamos un poco de aire ya se oye mucho menos, y parece que está mas á lo lejos la campanilla; continuase en estraer el aire, y finalmente ó no se oye, ó ya casi no se oye; y parece que la campanilla se toca en una distancia grandísima; y esto aunque toque con fuerza.

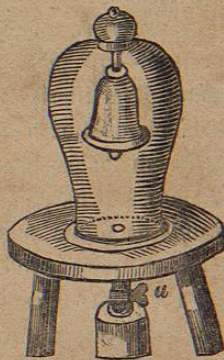


Fig. 84.

SILV. — ¿Esperimentásteis eso?

TEOD. — Muchas veces; y cuando quisiéreis os haré la esperiencia en mi casa. La misma esperiencia se hace y aun mejor con un reloj que dé horas puesto sobre una almohadilla bien fofa, en orden á que no se comunique el movimiento á la máquina.

SILV. — Eso tambien puede proceder de estar la campanilla tapada con el recipiente por todas partes, y por eso no se oirá el sonido.

TEOD. — Que esa no es la causa principal se ve; porque estando la campanilla tapada de la misma suerte, al paso que le estraemos el aire, se va oyendo menos el sonido; de suerte que si le volvemos á meter el aire dentro, vuelve á oirse perfectamente el sonido, aunque la campanilla esté tan tapada como antes: siempre se oye menos que sacando la

manga de vidrio; pero eso tambien prueba lo que yo digo; porque como el aire no tiene por donde pasar, no se difunde tan fácilmente el sonido como si no estuviese tapada la campanilla.

SILV. — ¡Y por ventura hemos de decir que un cañon de artilleria mueve el aire alrededor hasta la distancia de diez leguas y mas! Pues es cierto que á estas distancias llega el sonido del tiro.

TEOD. — Una pequeña piedrecita cayendo en un grande estanque de agua mueve toda la superficie del agua; porque luego que la piedra cae se empiezan á formar unos círculos en el agua, los cuales van sucesivamente creciendo, y de esta suerte se mueve toda la superficie. Lo mismo digo del aire: bien veo que va gran diferencia de un estanque al espacio de diez leguas ó mas; pero tambien va gran diferencia de la conmocion que causa un tiro de cañon á la conmocion que causa una pequeña piedrecita cayendo en el agua: ademas de que el aire como es mucho mas fluido que el agua, tambien se mueve mucho mas fácilmente que ella.

EUG. — ¿Y cuál será la razon, porque las mismas campanas á lo lejos unas veces se oyen mas otras menos?

TEOD. — La razon es, porque como el sonido consiste en el aire movido, cuando el viento sopla de allá echa hácia acá las partículas del aire que vienen con su movimiento vibratorio, y este mismo se viene comunicando á las otras hasta los oidos, y así mas fácilmente viene el sonido hácia acá; por el contrario, cuando el viento va de acá, las partículas de aire que la campana hizo temblar van hácia

allá, y así comunican mas el temblor á las otras que encuentran de la parte de allá que á las partículas que quedan hácia nuestra parte; por eso el sonido va hácia allá, y por acá se oye menos.

EUG. — Hasta ahí bien se esplica; pero antes que pasemos adelante habeis de dar la razon de una cosa que me ha admirado. Una de estas noches pasadas observé que las torres de San Giaó y del Bogio hacian fuego, y tardaba el sonido mucho tiempo despues de ver yo la lumbre. Habia ya observado en Lisboa cosa semejante: muchas veces á lo lejos veia estar los carpinteros trabajando en los tejados clavando algun clavo, y cuando yo oia el sonido del golpe, ya el martillo estaba levantado en el aire para dar otro; cosa que cuanto mas observaba para certificarme tanto mas escitaba mi admiracion.

SILV. — Cuando truena observamos lo mismo, porque primero vemos el relámpago, y de allí á mucho tiempo oimos el trueno, siendo así que uno viene juntamente con el otro.

TEOD. — Todo eso proviene de la misma causa, y es, porque el sonido consiste en el movimiento del aire, todo ese espacio de tiempo es preciso para que venga comunicándose el movimiento de unas partículas de aire á las otras hasta llegar á nosotros: no penseis que es preciso venir hasta nosotros el mismo aire que estaba junto al cañon y se movió al principio; basta que él mueva al que tiene junto á sí, y ese al otro, etc., hasta moverse el que está inmediato á nuestros oidos, como sucede en los círculos del estanque.

SILV. — Poco á poco, Teodosio, que ahora me

parece que os contradecís : decís que el sonido tarda tanto en venir desde el cañon de artillería hasta nosotros, porque todo ese tiempo es preciso para comunicarse el movimiento de unas partículas á otras desde el cañon á nosotros : tambien dijisteis que la luz se difundía comunicándose el movimiento de unas partículas á otras ; y aun así no gasta tanto tiempo en llegar á nuestros ojos, porque verificándose el tiro en el mismo instante en que se enciende la pólvora, vemos la lumbre del cañon primero que oigamos el tiro ; por lo que, amigo Teodosio, ó esa razon no basta, ó la luz no consiste en el movimiento que dijisteis.

TEOD. — No os aflijais, que no quedareis sin respuesta : la luz y el sonido consisten en el movimiento de partículas ; pero la luz consiste en el movimiento de las partículas de la materia etérea, y el sonido en el movimiento de las partículas del aire ; y la diversidad que hay entre unas partículas y otras es la causa de difundirse el movimiento mas de priesa en la luz que en el sonido.

SILV. — ¿ Pues qué diferencia hay que venga al caso ?

TEOD. — Dos : la primera, que la materia de la luz es mucho mas fluida que el aire, y por eso se comunica por ella mas de priesa el movimiento : la segunda, porque las partículas del aire dicen los modernos que son muy flexibles, como evidentemente muestran muchas esperiencias ; y quanto mas flexibles son unas partículas, mas lentamente comunican movimiento á las otras : á esa piedra que ahí está en el suelo fácilmente la movereis con este bas-

ton que no se dobla ; y si la quisiéreis mover con la punta del espadin habeis de gastar mas tiempo, porque antes que la piedra se mueva ha de doblarse mucho el espadin : pues lo mismo se debe decir á proporcion de las partículas del aire ; y por eso el sonido gasta mas tiempo en llegar á nuestros sentidos que la luz ; sin embargo no es tan pausadamente que en un minuto segundo, esto es, en la sexagésima parte de un minuto, no corra 524 varas de las nuestras <sup>1</sup>, y por este modo se puede medir bien fácil y seguramente la distancia de dos lugares, mandando disparar un tiro en el uno, y observando tres ó cuatro veces para seguridad el tiempo que tarda el sonido.

EUG. — Es de alabar ciertamente la gran curiosidad que tienen los modernos para averiguar hasta las mínimas circunstancias, que suceden en los efectos naturales, aunque ordinariamente se miran tan á bulto, como suelen decir.

SILV. — Decidme, pues, Teodosio ; ¿ cómo es posible que el sonido consista en el movimiento del aire, siendo así que el sonido se comunica de una casa á otra estando la primera bien cerrada ?

TEOD. — Por las grietas de las puertas siempre pasa algun aire ; pero si el aire no pudiere pasar de ningun modo, como sucede en el recipiente bien tapado, y el estruendo fuere pequeño, no se oirá ; mas si fuere muy grande, hará mover al vidrio, y este al aire que está fuera, y así se comunicará el sonido.

<sup>1</sup> La vara portuguesa es de cinco palmos.

SILV. — Eso es imposible.

TEOD. — Ya os probé como el aire movido con movimiento vibratorio movia los cuerpos sólidos que encontraba, y eso con un temblor sensible; y no es necesario para el sonido que el temblor sea sensible al tacto, como sucede en las esperiencias que referí, basta menos movimiento, y por eso menos fuerza es necesaria para comunicarse á los cuerpos sólidos el movimiento preciso para el sonido.

SILV. — Aun tengo otra dificultad, y es que una campana, una cuerda de clave, un tambor etc. tocándolos solo en una parte suenan por todas igualmente, y con todo no tiemblan sino en donde los tocan.

TEOD. — Si hemos de dar crédito á las esperiencias, hemos de decir que eso no es así. La campana despues de tañida tiembla alrededor, como se esperimenta poniéndole la mano; la cuerda del clave tiembla por todo su largo, como se ve aplicando levemente el dedo; porque si pusiéremos el dedo en el medio de la cuerda no suena; señal de que poniéndole ahí el dedo, le quita el movimiento ó temblor.

SILV. — Si yo diere un golpe en una pared, por toda ella se oye el estruendo, y nadie ha de decir que tiembla la pared.

TEOD. — Conforme fuere el golpe: si fuere muy grande, de tal suerte que el estruendo se comunica por toda la pared, toda ella se mueve. Tenemos una esperiencia bien facil en prueba de lo que digo. A veces viene por la calle un carro cargado

con una gran piedra, tiemblan las casas, tiemblan las puertas y vidrieras, y hasta las luces que estan dentro de las casas tiemblan. Mas: viene á veces un coche corriendo por una calle abajo, tiemblan las cerraduras de las puertas y las vidrieras etc. Pregunto ahora: ¿quién hace temblar todo esto? No es otra cosa que el golpe que el coche ó carro da pasando de una piedra de la calle mas alta á otra mas baja; de aquí es que si la calle estuviere con arena no se sentirá temblor alguno; luego si el golpe que da un coche pasando de una piedra á otra puede hacer temblar las casas de toda una calle con todo lo que hay dentro de ellas, ¿cómo no hará temblar á una pared el golpe fuerte que yo la diere?

EUG. — He observado muchas veces que un zapatero que trabaja en una tienda debajo de mi casa, con los martillazos que da en su oficio hace temblar toda la pared, de suerte que tiemblan las vidrieras; pero otras veces no sucede esto.

TEOD. — Creo que hará esa mayor impresion cuando batiere la suela en el grueso de la pared, y que cuando trabajare dentro de casa no se comunicará tanto el temblor á la pared. Y la causa de todo esto nace de estar unidas entre sí las partes de la pared, de suerte que fácilmente se comunique el temblor de unas á otras. Pero si el golpe no fuere muy grande temblarán solamente las partes mas llegadas á aquella en donde se dió el golpe.

EUG. — Ahora ya sé la razon de una cosa pasmosa que me contó un caballero (uno de los mejores oficiales, ó el mejor que tenemos en Portugal), y me parece que atestiguaba de vista: decia que muchas

veces estando el ejército acampado hacia señal el general para que todo se pusiese en silencio sin que nadie se moviese; entonces un cierto soldado se echaba en el suelo, y unia el oido con la tierra; pasado un breve intervalo se levantaba, y decia muchas veces que á tal distancia poco mas ó menos venian tropas enemigas en marcha, lo cual se hallaba cierto.

TEOD. — Yo no me admiro de eso, porque muchas veces se ha hecho otra esperiencia para el mismo intento, pero aun mas admirable: en el *journal des Savans* he leído yo que un general para conocer si la caballería enemiga venia cerca mandó poner en tierra un tambor, y sobre él un dado, y que cuando la caballería venia cerca se sentia temblar el dado sobre el tambor; así no es mucho que ese soldado percibiese el movimiento de la caballería, porque el mismo temblor que se comunicaba por la tierra, y hacia temblar el dado, podia mover el aire de los oidos, de suerte que se percibiese aquel estruendo.

SILV. — Ahora bien, decidme: ¿de qué nace ser un estruendo fuerte ó remiso?

TEOD. — Digo que ser el sonido mayor consiste en que dentro de un determinado espacio las partículas del aire movido sean mas en número, ó tengan movimiento mas fuerte; de aquí nace que el sonido de un tiro de cañon es á mucha distancia cada vez mas remiso, porque el movimiento cada vez es mas tenue y debil: por la misma razon la voz de un hombre hace un sonido grande; pero si juntáremos cuarenta hombres todos á hablar ó cantar, hacen un

estruendo mayor, porque son mas las partículas de aire que se mueven, y es mas fuerte el movimiento.

EUG. — Esperaba yo que dijéreis que ser grande el sonido consistia en moverse las partículas del aire mas aceleradas en las vibraciones.

TEOD. — No: eso hace el sonido mas agudo: yo os explicaré eso, y ya que sois apasionado á la música tratemos de la música filosóficamente.

EUG. — Vamos, que atenderé con gusto.

### § IX.

Trátase de la música, y se explica como se forma el eco y otras curiosidades acerca del sonido.

TEOD. — Consonancia es una mezcla de dos ó mas sonidos, de que resulta á los oidos suavidad y dulzura: la disonancia por el contrario es un agregado de sonidos desproporcionados y desapacibles al oido. Las mismas voces mezcladas de un modo hacen consonancia, y mezcladas de otro hacen disonancia. La razon física y verdadera de esto procede de que en nuestros oidos, ademas de otros órganos que hay, tenemos una piel estendida y tensa sobre un hueso, lo que llaman los anatómicos *tímpano*, que quiere decir lo mismo que tambor: este tímpano tiene consigo una propiedad, y es, que unas veces se estira, otras se afloja mas, conforme á los diversos sonidos que recibe, y esto es preciso, porque si no fuese esta mudanza no oiríamos mas que un tono solamente. La razon es, porque en un tambor